

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-361398

(43)Date of publication of application : 17.12.2002

(51)Int.Cl.

B22D 19/08  
C22C 21/02  
C22F 1/043  
F02F 1/00  
F16J 10/04  
// C22F 1/00

(21)Application number : 2001-250294

(71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD  
TOYO ALUMINIUM KK  
NIPPON LIGHT METAL CO LTD

(22)Date of filing : 21.08.2001

(72)Inventor : ADACHI SHUHEI  
KUSUI JUN  
OKANIWA SHIGERU  
INAMI JUNICHI  
SUZUKI KISHUN

(30)Priority

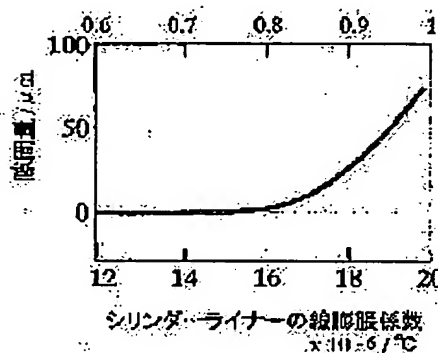
Priority number : 2001138000 Priority date : 31.03.2001 Priority country : JP

## (54) CYLINDER LINER FOR ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cylinder liner wherein the generation of a clearance at a boundary face of a cylinder liner and a cylinder block is prevented to suppress the deformation of the cylinder liner, the adhesion of a hard plating is improved, and sufficiently satisfactory workability can be obtained.

SOLUTION: In the cylinder liner of an engine cast to the cylinder block made of an aluminum alloy, the coefficient of thermal expansion of the cylinder liner is 90% or less of the coefficient of thermal expansion of the cylinder block. The percentage content of Si of the cylinder block is 7-12 wt.%, and as to the cylinder liner, a rapid cooled casting material containing 20-30% Si is subjected to vacuum sintering, and hot extrusion into a pipe state, thereafter favorably applied with Ni-P plating containing SiC.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The cylinder liner of the engine characterized by the coefficient of thermal expansion of said cylinder liner being about 90% or less of a coefficient of thermal expansion of a cylinder block in the cylinder liner of the engine which the cylinder block which consists of an aluminium alloy cast-wrapped.

[Claim 2] For said cylinder liner, said cylinder block is the cylinder liner of the engine according to claim 1 characterized by consisting of an aluminium alloy containing a 20 - 30mass% Si and 0.05 - 2.0mass% Cu including 7 - 12mass% Si.

[Claim 3] Said cylinder block is the cylinder liner of the engine according to claim 1 or 2 characterized by the remainders being aluminum and an unescapable impurity including a 7 - 12mass% Si and 1 - 4mass% Cu.

[Claim 4] The cylinder liner of the engine according to claim 1, 2, or 3 characterized by performing nickel-P plating which contains SiC in the inside of said cylinder liner.

[Claim 5] Said cylinder liner is a cylinder liner of the engine according to claim 2, 3, or 4 characterized by consisting of an aluminium alloy whose remainders are aluminum and an unescapable impurity Mn:0.1 - 4mass% Cr:0.04 - 0.35mass% Mg:0.1 - 1.5mass% including any one or more sorts in Fe nickel:1 - 4mass% and not more than 2.0mass% further.

[Claim 6] The cylinder liner of the engine according to claim 1, 2, or 3 characterized by having formed the sliding surface with the piston by cutting in the inside of a cylinder liner, and the primary phase Si being exposed to said sliding surface.

[Claim 7] Said cylinder liner is a cylinder liner of the engine according to claim 6 characterized by having consisted of 0.6 - 5.0mass% Fe and an aluminium alloy whose remainders are aluminum and an unescapable impurity, and the intermetallic compound of Fe-aluminum-Si being further exposed to said sliding surface Mn:0.1 - 4mass% Cr:0.04 - 0.35mass% Mg:0.1 - 1.5mass% including any one or more nickel:1 - 4mass% sorts.

[Claim 8] The manufacture approach of the cylinder liner of an engine given in either of claims 1-7 characterized by to have the step which produces the rapidly-solidified-powder end of said cylinder liner ingredient, the step which fabricates a billet from said end of rapidly solidified powder, the step which forms a cylindrical cylinder liner by extrusion molding and cutting processing from said billet, the step to which hard facing of said cylinder liner carries out by heat treatment, the step which cast-wrap the cylinder liner after said heat treatment with a cylinder block, and the step which heat-treat said cast-wrapped cylinder liner.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is cast-wrapped and relates to the cylinder liner of the engine of structure.

[0002]

[Description of the Prior Art] A cylinder block is formed with the casting object of an aluminium alloy for the formation of engine lightweight, a cylinder liner with high abrasion resistance is cast-wrapped in a cylinder bore, and the engine which performed hard plating to the inside of this cylinder liner is used.

[0003] The former cast-wraps, and the cylinder liner of structure cast-wraps the cylinder liner of the shape of a cylinder which becomes the cylinder block which consists of a die-casting Plastic solid of an aluminium alloy from an aluminium alloy, and performs hard plating to a piston sliding surface. The ingredient which performed solution-ized high temperature aging (T6 processing etc.) to the ingot extrusion material of a presentation like Si:9-10.5, Fe:0.3, Cu:2.5-3.5, Mg:0.5-0.8, Mn:0.3, Cr:0.2, Zn:0.2, and aluminum:bal. as a base material of this cylinder liner was used. In this case, it was thought that as near the thing of the coefficient of thermal expansion of the relation top cylinder liner which heat-treats, and a cylinder block as possible was desirable, and about the material selection of a cylinder liner, the presentation was chosen so that the coefficient of thermal expansion of a cylinder block might be approached.

[0004] the chemical composition of the conventional cylinder liner -- Si:10%, Fe:0.3%, and Cu: -- 3%, Mg:0.8%, Mn:0.3%, Cr:0.2%, Zn:0.2%, and aluminum -- and unescapable -- it is the impurity:remainder (all numeric values are mass%).

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with the ingredient of the conventional cylinder liner, as shown in drawing 14, a part of junction interface between a cylinder liner 10 and the cylinder block 11 which cast-wraps this might exfoliate, and the clearance 12 might be produced. The following things can be considered as this cause.

[0006] The coefficient of thermal expansion cast-wrapped the ingredient of the conventional cylinder liner, and it was an equal mostly with the coefficient of thermal expansion of the aluminium die-casting alloy which is \*\*. Therefore, cooling contraction is carried out, after it cast-wraps, and a cylinder liner once expands by heat conduction from a molten metal by the cooling process of a process to the cylinder block side of aluminum die casting moving the contact interface with a cylinder liner to an inside side by solidification shrinkage (liquid-solid transformation) and the heat shrink, it surrenders by bolting of aluminum die casting in an elevated temperature and an interface moves to an inside side. For this reason, when it returns to ordinary temperature, the outside surface of a cylinder liner cast-wraps and is moving to the inside side from the front surface location. When this movement magnitude exceeds the amount of contraction of aluminum die casting, a clearance will be generated in an interface. In addition, it is assumed that the junction force is not acting on an interface here. If the junction force of an interface is large enough, distortion of the part will be accumulated into an ingredient as internal stress without producing a clearance.

[0007] If above exfoliations or clearances 12 are generated, the backup force which cast-wraps and supports a cylinder liner from a tooth back by the existence of a clearance in inside processing of the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



next cylinder liner 10 varies, and the bending rigidity of a cylinder liner differs partially. The clearance section is dented in the thrust of processing and the roundness and cylindricity by bore grinding stop thereby, entering in predetermined tolerance. For this reason, a possibility that smooth piston sliding actuation may be spoiled is produced.

[0008] Furthermore, by partial existence of a clearance, heat conduction became an ununiformity, the inside configuration of a cylinder carried out heat deformation during engine operation at the ununiformity, and it had become the cause which causes increase of oil consumption, and the fall of an engine performance and endurance.

[0009] On the other hand, a cylinder liner is cast-wrapped and surface hardening by T6 processing etc. is alone performed before a process. Since it cast-wraps after the surface hardening in this simple substance and heat treatment at a process is performed, cylinder liner surface hardness falls in the annealing operation by heat treatment of a process after this. In order to compensate such a degree-of-hardness fall, the element for degree-of-hardness enhancement, such as Fe (iron) which raises the reinforcement in an elevated temperature, and Cu (copper), is added.

[0010] However, Fe and Cu which are the alloying element which raises such reinforcement reduce the adhesion of hard plating on the front face of a cylinder liner. Therefore, if many Fe(s) and Cu(s) are added in order to maintain the hard facing condition by T6 processing etc., a possibility of hard plating becoming easy to separate and doing a bad influence for plating exfoliation during processing or engine operation at a lifting, piston actuation, or an engine performance will be produced. Such a problem is similarly produced, when omitting T6 processing and adding degree-of-hardness enhancement elements, such as Fe, for the simplification of a manufacture process.

[0011] Moreover, while preventing the fall of adhesion when forming a cylinder liner, and alloying elements, such as Fe and Cu, raise reinforcement, it is required to raise workability, such as machinability, and to maintain sufficiently good extrusion-molding nature.

[0012] On the other hand, the cylinder liner of the engine which formed the sliding surface by cutting is indicated by the patent No. 2932248 official report, without plating to the inside of a cylinder liner. Thus, if a sliding surface is formed by cutting, the problem of plating peeling will not be produced. The cylinder liner concerning a patent given [ this ] in an official report is formed with the aluminum-Si alloy containing 3.0 - 4.5mass% Cu. Moreover, about Fe, the a maximum of 0.25 mass% alloy or the 1.0 - 1.4mass% alloy is used alternatively.

[0013] However, in a cylinder liner given [ above-mentioned ] in a patent official report, from the balance of the content of Cu and Fe, extrusion nature cannot fall, and productivity cannot fully be raised, and there is fear of a degree-of-hardness fall at the time of cast.

[0014] When making it into a cutting sliding surface, this invention aims at offer of the cylinder liner of the engine equipped with the sufficiently good extrusion nature and degree of hardness, while raising the adhesion and acquiring sufficiently good workability, when hard plating is performed, while preventing generating of the clearance between the interfaces of the cylinder liner and cylinder block which it cast-wrapped in consideration of the above-mentioned conventional technique and suppressing deformation of a cylinder liner.

[0015]

[Means for Solving the Problem] In order to attain said purpose, in this invention, the cylinder liner of the engine characterized by the coefficient of thermal expansion of said cylinder liner being about 90% or less of a coefficient of thermal expansion of a cylinder block is offered in the cylinder liner of the engine which the cylinder block which consists of an aluminium alloy cast-wrapped.

[0016] According to this configuration, generating of the clearance between the interfaces between the cylinder block which consists of a casting object of aluminum die casting, and the cylinder liner which this cast-wrapped is prevented by making the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner smaller 10% or more than the coefficient of thermal expansion of a cylinder block. This is checked experimentally.

[0017] In the desirable example of a configuration, said cylinder block is characterized by consisting of an aluminium alloy with which said cylinder liner contains a 20 - 30mass% Si and 0.05 - 2.0mass% Cu including 7 - 12mass% Si.

[0018] According to this configuration, using ADCs 10-12 (Si content: 7 - 12mass%) as a cylinder block ingredient, by being the aluminium alloy with which the ingredient of a cylinder liner contains 20 -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

30mass% for Si, the ratio of the coefficient of thermal expansion of the cylinder liner to a cylinder block can be made about 90% or less, and, thereby, generating of the clearance between interfaces can be prevented, for example.

[0019] Moreover, while maintaining sufficient degree of hardness by making Cu content of a cylinder liner ingredient into 0.05 – 2.0mass%, good extrusion workability can be acquired.

[0020] In the desirable example of a configuration, said cylinder block is characterized by including a 7 – 12mass% Si and 1 – 4mass% Cu.

[0021] Since according to this configuration 1 – 4mass% Cu is included while a cylinder block contains 7 – 12mass% Si as mentioned above, sufficient reinforcement is obtained while keeping the workability of a cylinder block good. A possibility that reinforcement may run short of Cu less than [ 1mass% ] arises, and if 4mass% is exceeded, a possibility that workability may fall will arise.

[0022] In the still more desirable example of a configuration, it is characterized by performing nickel-P plating which contains SiC in the inside of said cylinder liner.

[0023] According to this configuration, hard plating by nickel-P plating which contains SiC in a cylinder liner inside is formed without maintaining adhesion good and exfoliating, and smooth sliding actuation of a piston is obtained.

[0024] In the still more desirable example of a configuration, said cylinder liner is further characterized by consisting of an aluminium alloy whose remainders are aluminum and an unescapable impurity Mn:0.1 – 4mass% Cr:0.04 – 0.35mass% Mg:0.1 – 1.5mass% including any one or more sorts in Fe nickel:1 – 4mass% and not more than 2.0mass%.

[0025] according to this configuration -- Mg, Cr, Mn, nickel, and Fe -- specified quantity \*\*\*\*\* -- proper reinforcement and a proper degree of hardness are obtained by things. While being able to raise high temperature strength by adding Fe, nickel, and Mn enough especially, the adhesion of plating is maintained good by making Fe addition into less than [ 2.0mass% ]. Moreover, if a content exceeds Mg:1.5%, Cr:0.35%, Mn:4%, and nickel:4%, respectively, workability and toughness will fall.

[0026] In another desirable example of a configuration, a sliding surface with the piston by cutting is formed in the inside of said cylinder liner, and it is characterized by the primary phase Si being exposed to said sliding surface.

[0027] When forming a piston sliding surface in the inside of a cylinder liner by cutting, while securing the abrasion resistance of a sliding surface by exposing a primary phase Si according to this configuration, a piston front face and the sliding surface with few wear operations to the piston ring can be obtained.

[0028] In the still more desirable example of a configuration, said cylinder liner is characterized by the intermetallic compound of Fe-aluminum-Si being exposed to said sliding surface including Fe not more than 5.0mass% at more than 0.6mass%.

[0029] According to this configuration, without producing the problem of plating exfoliation in the sliding surface by cutting which does not plate, while making Fe fully contain and raising reinforcement, a primary phase Si and the intermetallic compound of Fe, aluminum, and Si are exposed, and while securing the abrasion resistance of a sliding surface enough [ further ], a piston front face and a sliding surface with few wear operations to the pan to the piston ring can be obtained.

[0030] At less than 0.6%, reinforcement and abrasion resistance with them are not obtained for Fe. [ there are few intermetallic compounds of Fe-aluminum-Si, and sufficient ] When reinforcement and abrasion resistance are taken into consideration, 2.0% or more of Fe is desirable. Conversely, also as 5% or more, reinforcement and abrasion resistance hardly change.

[0031] The step which produces the rapidly-solidified-powder end of said cylinder liner ingredient as the manufacture approach of obtaining the above-mentioned cylinder liner in this invention, The step which fabricates a billet from said end of rapidly solidified powder, and the step which forms a cylindrical cylinder liner by extrusion molding and cutting processing from said billet, The step to which hard facing of said cylinder liner is carried out by heat treatment, and the step which cast-wraps the cylinder liner after said heat treatment with a cylinder block, The manufacture approach of the cylinder liner of the engine characterized by having the step which heat-treats said cylinder liner which it cast-wrapped is offered.

[0032] According to this configuration, magnitude of a primary phase Si particle can be set to about 5 micrometers or less by 20 micrometers or less and average at the maximum using the end of rapidly

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

solidified powder by forming a bell shape cylinder liner for this by the hot-extrusion method after sintering solidification. Machinability and the adhesion of plating improve with such a detailed primary phase Si grain.

[0033]

[Embodiment of the Invention] With reference to a drawing, the gestalt of operation of this invention is explained below. Drawing 1 is the top view of the cylinder block with which it cast-wrapped the cylinder liner concerning this invention.

[0034] The cylinder bore 3 to which a piston (un-illustrating) slides on each gas column of the cylinder block 2 of a multiple cylinder engine 1 is formed, and a cylinder liner 4 is cast-wrapped and formed in each cylinder bore 3. 5 is a bolt for combining with the cylinder head (un-illustrating), and 6 is a cooling jacket. The hard plating coat 7 is formed in the inside (piston sliding surface) of a cylinder liner 4.

[0035] In this invention, a cylinder liner 4 and the cylinder block 2 which cast-wraps this cast-wrap, and a clearance does not occur in the interface 8 between section 2a, but adhesion junction is carried out good so that it may explain below. Moreover, the plating coat 7 is certainly stuck to the inside of a cylinder liner 4, and does not produce exfoliation etc.

[0036] Drawing 2 is the graph of the experimental result which shows the relation of the amount of clearances when cast-wrapping and forming the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner, and this. The experiment was conducted by changing the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner by changing the Si content using the aluminium alloy which contains Si as an ingredient of the cylinder liner which cast-wraps and this cast-wraps, using an aluminium die-casting alloy (ADC: coefficient-of-thermal-expansion  $20 \times 10^{-6} / \text{degree C}$ ) as a near ingredient. An axis of ordinate is the amount (micrometer) of clearances, and shows the ratio of the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner [ as opposed to / as opposed to / in the bottom side of an axis of abscissa / the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner / ADC in the surface ].

[0037] The amount of clearances becomes so small that the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner is small, the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner becomes small to extent which does not almost have a possibility of causing processing deformation at 90% or less of the coefficient of thermal expansion of aluminum die casting, and the amount of clearances becomes zero mostly at 80% or less so that a graph may show.

[0038] Drawing 3 is a graph which shows the relation between Si content in an aluminium alloy, and a coefficient of thermal expansion. A coefficient of thermal expansion becomes almost low to a linear, so that a graph may show and the amount of Si increases. From the relation between this graph and the graph of the amount of clearances of drawing 2, what (Si content is made [ many ]) Si content of a cylinder liner is adjusted for to Si content of an aluminium die-casting alloy shows that the amount of clearances is made to zero.

[0039] Drawing 4 is drawing which measured the amount of clearances when constituting the cylinder liner in a system engine from conventional material A and this invention material B.

[0040] the presentation of the conventional material A -- Si:10%, Fe:0.3%, and Cu: -- 3%, Mg:0.8%, Mn:0.3%, Cr:0.2%, Zn:0.2%, and aluminum -- and unescapable -- it is the impurity:remainder (all numeric values are mass%).

[0041] The presentation of this invention material B (i) Si:20-30%, Cu:0.05-2.0% however, if Cu affects the adhesion of plating practically neither according to plating material, nor other presentation material or plating conditions, about 0.2% or about 0.2 to 2.0% are desirable -- If Cu is made [ many ], a degree of hardness and reinforcement will increase. Fe: Less than [ 2.0% ], aluminum, and an unescapable impurity : (Material v) nickel:1-4% of the above (iii) including material (iv) Mn:0.1-4% of the above (ii) including material (iii) Cr:0.04-0.35% of the above (i) containing remainder (ii) Mg:0.1-1.5% It is the alloy of the above (iv) to include.

[0042] Here, in order that Si may adjust a coefficient of thermal expansion, it is an element for the improvement in abrasion resistance, and Cu, Mg, and Mn are the elements for reinforcement and degree-of-hardness adjustment. Although Fe generally raises high temperature strength, the upper limit of the content for securing the adhesion of a plating coat as an impurity element here is defined. Moreover, Cr is the alloying element for adjustment of toughness.

[0043] The amount of clearances was able to be mostly made into zero from 55-100 micrometers by replacing with this invention material B the ingredient of the cylinder liner which it cast-wraps by

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

ADC10 from the conventional material A so that this drawing 4 might show.

[0044] In the experiment, the aluminium die-casting alloy of ADCs 10-12 (Si content: 7 - 12mass%) was cast-wrapped, it considered as \*\*, and the ingredient with which a presentation becomes (Si:20-30%, Cu:0.05-2.0%, less than [ Fe:2.0% ], aluminum, and unescapable impurity:remainder) was turned as an ingredient of the cylinder liner which this cast-wraps in the end of rapidly solidified powder, shaping solidification was carried out and this was used. By using such an ingredient, the ratio of the coefficient of thermal expansion of the cylinder liner to an aluminium die-casting alloy became about 90% or less, and it has prevented that a clearance was generated.

[0045] Drawing 5 is a flow chart which shows the manufacture process of the cylinder liner concerning the operation gestalt of this invention in the case of performing plating processing.

Step S1: Produce the end of rapidly solidified powder using the ingredient of the above-mentioned cylinder liner. The quenching solid-state cooled with the cooling rate more than square K (absolute temperature) of per second 10 is said this end of rapidly solidified powder. At this step S1, an ingredient component is adjusted, it dissolves, this is fine-particles-ized by the air atomizing method, and recovery, sorting, and inspection are conducted.

[0046] Step S2: Fabricate a billet. Here, after inspecting a powdered presentation and grain size first, filling up a rubber die with this and performing hydrostatic-pressure pressurization between the colds, vacuum sintering is carried out and the billet of a predetermined configuration is produced. By carrying out sintering solidification of such end of rapidly solidified powder, the magnitude of a primary phase Si particle can make it 20 micrometers or less at the maximum. Such a detailed primary phase Si particle is not obtained by the usual ingot material (casting) (refer to the detailed organization photograph of solidification material and ingot material in drawing 6 : the end of rapidly solidified powder by the optical microscope). If Si content is the same, the more a primary phase Si particle will become detailed, the more machinability and the adhesion of plating improve ( drawing 7 : refer to relation between plating adhesion and primary phase Si mean particle diameter). For example, in the ingredient which added 15 - 35% of Si to the basic presentation of a 6000 system alloy, good plating adhesion is acquired by setting Si particle size to 20 micrometers or less.

[0047] Step S3: Form the bell shape shell which was made to carry out heating softening of the billet, and continued by extrusion molding. At this time, whenever [ stoving temperature ] is 425-520 degrees C. This shell is cut and the material of a cylinder liner is formed. Here, good extrusion workability is acquired by making the content of Cu 2% or less among the alloy contents of a cylinder liner (extruding [ Drawing 8 : ] with Cu content refer to sexual relation). Moreover, by stopping Cu low, the solidus line can be kept high and it is effective in preventing generating of tearing.

[0048] Step S4: Perform surface hardening by T6 processing. This T6 processing is first formed into a heating solution (whenever [ stoving temperature ] 545 degrees C), and carries out water quenching of this. Once it carries out aging treatment at 180 degrees C after that, natural air cooling is carried out. In addition, T-four processing which does not perform 180-degree C aging treatment depending on an ingredient may be performed.

[0049] Step S5: Inspect electrical conductivity.

Step S6: Carry out processing processing of the end face and inside of a cylinder liner flat and smooth, and carry out processing processing of the external surface if needed.

[0050] Step S7: Equip the metal mold of a cylinder block with a cylinder liner, cast-wrap with an aluminium die-casting alloy, and perform fabrication. Although accompanied by heat treatment by the molten metal at this time, since the element for the moderate improvement in on the strength of Fe, Cu, etc. is added as mentioned above, a degree of hardness does not fall.

[0051] Step S8: Perform and graduate a machine grinding process to the inside of a cylinder liner.

Step S9: Perform alkaline degreasing after washing by the acid, form an alumite coat as surface treatment, and perform distributed plating processing of nickel-P-SiC. In this case, good plating adhesion is acquired by making the content of Fe of a cylinder liner alloy into 2% or less ( drawing 9 : refer to relation between Fe content and plating adhesion).

[0052] Step S10: Make a precise dimensional tolerance to the inside of a cylinder liner by honing. About the degree of hardness, machinability, and honing nature of this plating coat, as shown in the following table 1, the sufficiently good experimental result was obtained.

[0053]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Table 1]

		発明材 Al-25Si-0.7Fe-0.25Cu- 0.7Mg-0.2Cr		従来材 Al-10Si-3Cu
物理的性質	熱膨張係数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	17	<	21
	密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.68	<	2.84
	熱伝導度 ( $\text{W}/\text{mK}$ )	142	<	184
機械的性質	ヤング率 (GPa)	84	>	77
	硬さ (HRB)	78	=	74
その他	めっき密着性	良好	=	良好
	めっき被膜硬度 (Hv)	568 - 699	=	607 - 718
	ホーニング品質	良好	=	良好
	製法上の分類	急冷凝固粉末材		溶製材

[0054] Next, the mechanical property of the cylinder liner by this invention is explained. As this invention ingredient, the mechanical property is shown in Si, 0.7%Fe, and the above-mentioned table 1 0.25% 25% about Cu, 0.7%Mg, and T6 material of the charge of the cylinder liner material made from an aluminium alloy that added Cr 0.2%.

[0055] If an aluminium alloy does not perform T6 processing, since the degree of hardness of a matrix is not high enough, it may cause use top trouble. Moreover, even if it performs T6 processing in the state of the simple substance of a cylinder liner material configuration, it will be in the condition near the condition of after that having cast-wrapped and having been again solution-ized in the process, and as shown in the following table 2, sufficient degree of hardness and reinforcement will no longer be obtained.

[0056]

[Table 2]

工程中の硬度変化 (HRB)

鑄込み前	鑄包み直後
40	32

[0057] As a cure on this problem, it is effective to add Cu, Fe, nickel, Mn, etc. These alloying elements have the effectiveness which carries out bottom raising of the degree of hardness of a matrix by solid solution strengthening. For this reason, even after cast-wrapping after T6 processing and passing through a process, it is possible sufficient degree of hardness and reinforcement to be not only maintainable, but to omit the T6 processing itself. If heat treatment is omitted, it not only can reduce heat treatment cost, but abolition of the distortion accompanying heat treatment or correction and the dissolution of heterogeneity can be aimed at, and it can realize improvement in quality to coincidence.

[0058] However, it became clear from the experimental result that addition of Fe spoiled the adhesion of

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

plating as shown in the following table 3. This is the process of the alumite coat formation currently performed as surface treatment of plating, and can consider that the effect of Fe addition in a base material has appeared.

[0059]

[Table 3]

発明材のめっき密着性に及ぼすFeの影響

Fe添加量 (mass %)	0	1.0	1.5	2.0	4.0
めっき密着 性試験結果	OK	OK	OK	OK	NG

[0060] With this operation gestalt, the adhesion of plating is maintained good by making this Fe content less than [ 2mass% ] or additive-free.

[0061] Next, the physical property of the cylinder liner of this invention is explained. Young's modulus becomes, and as 6061-25Si which constitutes the cylinder liner of this invention was shown in the above-mentioned table 1, in the consistency, compared with the ingredient of the conventional cylinder liner, thermal conductivity has become -22% +9% -6%. Lightweight-ization is attained because a consistency is small. That Young's modulus is high raises rigidity and it acts advantageously to deformation. Moreover, although heat conductivity is falling, not affecting an engine performance is checked by the thermometry in the system.

[0062] This invention is applicable also to the cylinder liner which forms not only a cylinder liner but the piston sliding surface which performs plating processing to a piston sliding surface by cutting, and does not prepare a deposit.

[0063] This is for a primary phase Si and the intermetallic compound of Fe, aluminum, and Si to be exposed to a front face with processing like the after-mentioned while the extrusion nature of the cylinder liner alloy of this invention is good, the degree-of-hardness change by heat treatment is small, and a sufficiently smooth sliding surface is obtained by cutting, since workability is excellent.

[0064] If it sees about extrusion nature, according to \*\*\*\*, the relative extrusion nature of various aluminium alloys is indicated in the table 2 at the volume [ of the Japan Institute of Metals report / 21st ] No. 1 (1982) time of P11-P18 "the factor which governs the extrusion nature of an aluminium alloy, and it." According to this table, to the extrusion nature of the base alloy of the conventional material, the becoming alloy 2014, and an alloy 2024 being 20 and 15, respectively, the extrusion nature of the base alloy of the development material of this invention and the becoming alloy 6061 is 60, and good extrusion nature is obtained compared with the conventional material, and it can raise productivity. As one of the cause of this, since there are few Cu contents of the development material of this invention compared with the conventional material (for example, the above-mentioned patent 2932248th presentation), they extrude, and they are considered that a sex improves.

[0065] If it sees about degree-of-hardness change by heat treatment, as shown in drawing 1212, the degree-of-hardness change a of the development material of this invention depended for annealing is small compared with the degree-of-hardness change b of the conventional material. Moreover, the degree-of-hardness value itself is improving compared with the conventional material. in addition -- annealing -- it is heat treatment supposing \*\*\*\*\*. Thus, processing maintained and stabilized can do sufficient degree of hardness by suppressing degree-of-hardness change.

[0066] Drawing 13 is a detailed organization photograph by the optical microscope on the front face of grinding at the time of forming the piston sliding surface of a cylinder liner by the grinding process. As shown in a photograph, the primary crystal of Si and the intermetallic compound of Fe, aluminum, and Si are exposed to a grinding front face. Thereby, while securing enough the abrasion resistance of the sliding surface by the grinding process, a piston front face and the sliding surface with few wear

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

operations to the piston ring can be obtained.

[0067] In addition, when the abrasion test which rubs the pin which consists of SKD11 to each of the trial plate of the conventional material and the trial plate of development material for the comparison of the amount of wear of the conventional material and the development material of this invention, and measures the amount of wear was performed, to having worn out about 5.5 micrometers of the conventional material, the abrasion loss of the development material of this invention is about 4 micrometers, and it was checked that the development material of this invention is excellent in abrasion resistance.

[0068]

[Effect of the Invention] As explained above, in this invention, generating of the clearance between the interfaces between the cylinder block which consists of a casting object of aluminum die casting, and the cylinder liner which this cast-wrapped is prevented by making the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner smaller 10% or more than the coefficient of thermal expansion of a cylinder block. Thereby, the deformation at the time of processing is prevented and the roundness and cylindricity of a cylinder liner improve. It will be as follows if it summarizes.

[0069] 1. Improvement in cylinder process tolerance : even if it prevents generating of the clearance between the interfaces of the cylinder liner and cylinder block which it cast-wrapped and the thrust at the time of cutting of a cylinder liner inside acts, deformation of a cylinder liner can be suppressed. Thereby, since the adhesion unification of the cylinder liner is carried out at a cylinder block and fitness, the rigidity of a cylinder liner increases, process tolerance can improve, the yield can increase, a processing percent defective can be reduced, and productivity can be raised.

[0070] 2. reduction [ of cylinder bolting deformation ]: -- since the adhesion unification of the cylinder liner is carried out with a cylinder block -- the time of bolting -- many -- degree deformation -- especially the 4th component decreases ( drawing 10 : refer to the deformation comparison of this invention material liner at the time of cylinder bolting, and the conventional material liner). Consequently, the flattery nature and seal nature of the piston ring improve, and oil consumption decreases sharply.

[0071] 3. Thermally conductive improvement : by having raised the adhesion of a cylinder liner, heat transfer from a combustion chamber can be performed certainly, and uneven deformation, printing by the local temperature rise, etc. are prevented. Moreover, thermal conductivity is maintainable to the high level by restricting the content of Fe of the ingredient component of a cylinder liner (refer to relation between the amount of Fe(s) in drawing 1 1:6061 -25Si, and thermal conductivity).

[0072] 4. Lightweight-izing : since an ingredient with specific gravity small about 6% can be used compared with the former, lightweight-ization by the ratio as it is is attained.

[0073] 5. Improvement in cylinder rigidity : since an ingredient with the Young's modulus of a cylinder liner high about 9% can be used compared with the former, the deformation at the time of processing and an engine drive is controlled. Furthermore, without causing a fall on the strength, the content of Cu can be made small, extrusion nature can be raised, and productivity can be raised. Moreover, the content of Fe can be adjusted proper, and can be cast and a sliding surface can be formed by the grinding process which suppressed the degree-of-hardness fall at the time, and was stabilized.

[0074] Moreover, while securing enough the abrasion resistance of the sliding surface by the grinding process when forming a sliding surface by the grinding process, and the primary crystal of Si and the intermetallic compound of Fe, aluminum, and Si make it expose to a grinding front face, a piston front face and the sliding surface with few wear operations to the piston ring can be obtained.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** This invention is started, and it cast-wraps and is the block diagram of a cylinder liner.

**[Drawing 2]** The graph which shows the coefficient of thermal expansion of a cylinder liner, and the relation of the amount of clearances.

**[Drawing 3]** The graph which shows the relation between Si content in aluminum alloy, and a coefficient of thermal expansion.

**[Drawing 4]** Drawing which compared the conventional material and this invention material of the amount of clearances in a system engine.

**[Drawing 5]** The flow chart of the cylinder liner manufacture approach of this invention.

**[Drawing 6]** The photograph which compared the primary phase Si particle by ingot material and the end of rapidly solidified powder.

**[Drawing 7]** The graph which shows the relation between plating adhesion and primary phase Si particle size.

**[Drawing 8]** The graph which extrudes with Cu content in a material and shows sexual relation.

**[Drawing 9]** The graph which shows Fe content and the relation of the adhesion of a plating coat.

**[Drawing 10]** Drawing showing the effectiveness of the liner material deformation exerted on the deformation at the time of cylinder bolting.

**[Drawing 11]** The graph which shows the relation between Fe content in 6061-25Si, and thermal conductivity.

**[Drawing 12]** The graph of the degree-of-hardness change by heat treatment.

**[Drawing 13]** The microphotography on the front face of a grinding process of the development material by this invention.

**[Drawing 14]** The explanatory view showing clearance generating in the conventional cylinder liner.

**[Description of Notations]**

1: an engine, 2:cylinder block, and 2a: -- cast-wrapping -- the section, 3:cylinder bore, 4:cylinder liner, 5:bolt, 6:cooling jacket, and 7: -- a hard plating coat, 8:interface, 10:cylinder liner, 11:cylinder block, and 12:clearance.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-361398  
(P2002-361398A)

(43) 公開日 平成14年12月17日 (2002. 12. 17)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
B 2 2 D 19/08		B 2 2 D 19/08	E 3 G 0 2 4
C 2 2 C 21/02		C 2 2 C 21/02	3 J 0 4 4
C 2 2 F 1/043		C 2 2 F 1/043	
F 0 2 F 1/00		F 0 2 F 1/00	D
			F
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-250294(P2001-250294)  
 (22) 出願日 平成13年8月21日(2001. 8. 21)  
 (31) 優先権主張番号 特願2001-138000(P2001-138000)  
 (32) 優先日 平成13年3月31日(2001. 3. 31)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000010076  
 ヤマハ発動機株式会社  
 静岡県磐田市新貝2500番地  
 (71) 出願人 399054321  
 東洋アルミニウム株式会社  
 大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目6番8号  
 (71) 出願人 000004743  
 日本軽金属株式会社  
 東京都品川区東品川二丁目2番20号  
 (74) 代理人 100100284  
 弁理士 荒井 潤

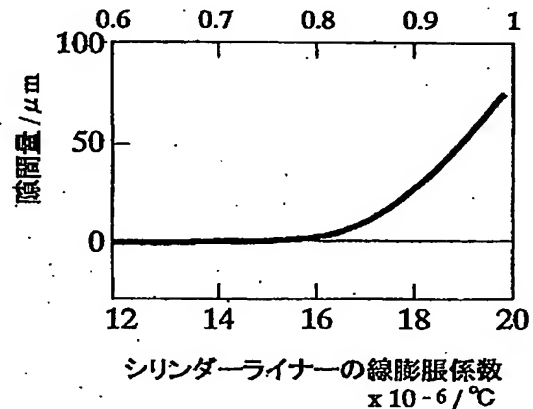
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンのシリンダライナ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 鋳包まれたシリンダライナとシリンダブロックとの界面での隙間の発生を防止してシリンダライナの変形を抑えるとともに、硬質メッキの密着性を向上させ、かつ充分良好な加工性が得られるエンジンのシリンダライナを提供する。

【解決手段】 アルミニウム合金からなるシリンダブロックに鋳包まれたエンジンのシリンダライナにおいて、前記シリンダライナの熱膨張係数がシリンダブロックの熱膨張係数の約90%以下であるエンジンのシリンダライナ。前記シリンダブロックは含有Siが7~12wt%であり、シリンダライナはSiを20~30wt%含有した急冷鋳造材を真空焼結し、管状に熱間押出後SiCを含むNi-Pメッキを施すと良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アルミニウム合金からなるシリンダブロックに鑄包まれたエンジンのシリンダライナにおいて、前記シリンダライナの熱膨張係数がシリンダブロックの熱膨張係数の約90%以下であることを特徴とするエンジンのシリンダライナ。

【請求項2】前記シリンダブロックは7～12mass%のSiを含み、

前記シリンダライナは20～30mass%のSiおよび0.05～2.0mass%のCuを含むアルミニウム合金からなることを特徴とする請求項1に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項3】前記シリンダブロックは、7～12mass%のSi及び1～4mass%のCuを含み、残部がアルミニウム及び不可避免不純物であることを特徴とする請求項1または2に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項4】前記シリンダライナの内面にSiCを含むNi-Pメッキが施されていることを特徴とする請求項1、2または3に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項5】前記シリンダライナは、さらにMg:0.1～1.5mass%, Cr:0.04～0.35mass%, Mn:0.1～4mass%, Ni:1～4mass%及び2.0mass%以下のFeのうちいずれか1種以上を含み、残部がAl及び不可避免不純物であるアルミニウム合金からなることを特徴とする請求項2、3または4に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項6】シリンダライナの内面に切削加工によるピストンとの摺動面が形成され、前記摺動面に初晶Siが露出していることを特徴とする請求項1、2または3に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項7】前記シリンダライナは、0.6～5.0mass%のFe、さらにMg:0.1～1.5mass%, Cr:0.04～0.35mass%, Mn:0.1～4mass%, Ni:1～4mass%のいずれか1種以上を含み、残部がAl及び不可避免不純物であるアルミニウム合金からなり、

前記摺動面にFe-Al-Siの金属間化合物が露出していることを特徴とする請求項6に記載のエンジンのシリンダライナ。

【請求項8】前記シリンダライナ材料の急凝固粉末を作製するステップと、

前記急凝固粉末からピレットを成形するステップと、

前記ピレットから押し出し成形および切断加工により円筒状シリンダライナを形成するステップと、

前記シリンダライナを熱処理により表面硬化させるステップと、

前記熱処理後のシリンダライナをシリンダブロックで鑄包むステップと、

前記鑄包まれたシリンダライナを熱処理するステップと

を有することを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載のエンジンのシリンダライナの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は鑄包み構造のエンジンのシリンダライナに関する。

## 【0002】

【従来の技術】エンジン軽量化のためにアルミニウム合金の鑄造体でシリンダブロックを形成し、シリンダボアに耐磨耗性の高いシリンダライナを鑄包み、このシリンダライナの内面に硬質メッキを施したエンジンが用いられている。

【0003】従来の鑄包み構造のシリンダライナは、アルミニウム合金のダイカスト成形体からなるシリンダブロックに、アルミニウム合金からなる円筒状のシリンダライナを鑄包み、ピストン摺動面に硬質メッキを施したものである。このシリンダライナの母材としては、Si:9-10.5, Fe:0.3, Cu:2.5-3.5, Mg:0.5-0.8, Mn:0.3, Cr:0.2, Zn:0.2, Al:bal. のような組成の溶製押し出し材に溶体化時効硬化処理(T6処理など)を施した材料が使用されていた。この場合、熱処理を施す関係上シリンダライナとシリンダブロックの熱膨張係数はなるべく近いものが好ましいと考えられ、シリンダライナ/material選定に関し、シリンダブロックの熱膨張係数に近づくように組成を選んでいた。

【0004】従来のシリンダライナの化学組成は、Si:10%, Fe:0.3%, Cu:3%, Mg:0.8%, Mn:0.3%, Cr:0.2%, Zn:0.2%, Alおよび不可避免の不純物:残部(数値はすべてmass%)である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のシリンダライナ/materialでは、図14に示すように、シリンダライナ10とこれを鑄包むシリンダブロック11との間の接合境界面の一部が剥離したり隙間12を生じることがあった。この原因として、以下のことが考えられる。

【0006】従来のシリンダライナ/materialは、その熱膨張係数が鑄包み材であるアルミニウムダイカスト合金の熱膨張係数とほぼ等しいものであった。そのため、鑄包み工程の冷却過程で、アルミニウムダイカストのシリンダブロック側は凝固収縮(液固変態)と熱収縮により、シリンダライナとの接触界面は内面側へ移動しようとするのに対し、シリンダライナは溶湯からの熱伝導により一旦膨張し、高温でのアルミニウムダイカストの締付けにより降伏して界面が内面側に移動したのち、冷却収縮する。このため常温に戻ったときには、シリンダライナの外表面は鑄包み前の表面位置より内面側に移動している。この移動量が、アルミニウムダイカストの収縮量を上回った場合に、界面に隙間が生じることになる。なお、ここでは、界面に接合力が作用していないと仮定し

ている。界面の接合力が十分大きければ、隙間は生じないでその分の歪が内部応力として材料内に蓄積される。

【0007】上記のような剥離あるいは隙間12が生じると、鑄包み後のシリンダライナ10の内面加工において、隙間の有無によりシリンダライナを背面から支持するバックアップ力がばらついてシリンダライナの撓み剛性が部分的に異なってくる。これにより、加工の押圧力で隙間部が凹み、内径研削による真円度や円筒度が所定の公差内に入らなくなる。このため、円滑なピストン摺動動作が損なわれるおそれを生じる。

【0008】さらに、部分的な隙間の存在により、熱伝導が不均一になり、エンジン運転中に、シリンダの内面形状が不均一に熱変形して、オイル消費量の増大やエンジン性能および耐久性の低下を来す原因となっていた。

【0009】一方、シリンダライナは鑄包み工程の前に単体でT6処理等による表面硬化処理が施される。この単体での表面硬化処理後に鑄包み工程での熱処理が施されるため、この後工程の熱処理による焼き鈍し作用でシリンダライナ表面硬度が低下する。このような硬度低下を補うために、高温での強度を高めるFe（鉄）やCu（銅）等の硬度増強のための元素が添加される。

【0010】しかしながら、このような強度を高める添加元素であるFeやCuは、シリンダライナ表面の硬質メッキの密着性を低下させる。したがって、T6処理等による表面硬化状態を維持するためにFeやCuを多く添加すると、硬質メッキが剥がれやすくなって加工中あるいはエンジン運転中にメッキ剥離を起こし、ピストン動作やエンジン性能に悪影響を及ぼすおそれを生じる。このような問題は、製造プロセスの簡素化のためにT6処理を省略してFe等の硬度増強元素を添加する場合にも同様に生じる。

【0011】また、シリンダライナを形成する場合、FeやCu等の添加元素により強度を高めた場合に、密着性の低下を防止するとともに、被削性等の加工性を高め、かつ十分良好な押出し成形性を維持することが必要である。

【0012】一方、シリンダライナの内面にメッキを施すことなく、切削加工により摺動面を形成したエンジンのシリンダライナが特許第2932248号公報に記載されている。このように摺動面を切削加工により形成すれば、メッキ剥離の問題は生じない。この公報記載の特許に係るシリンダライナは、3.0～4.5mass%のCuを含むAl-Si合金により形成されている。また、Feについては、最大0.25mass%の合金または1.0～1.4mass%の合金を択一的に用いている。

【0013】しかしながら、上記特許公報記載のシリンダライナでは、CuおよびFeの含有量のバランスから、押出し性が低下し生産性を十分に高めることができ

ず、また鑄込み時に硬度低下のおそれがある。

【0014】本発明は上記従来技術を考慮したものであって、鑄包まれたシリンダライナとシリンダブロックとの界面での隙間の発生を防止してシリンダライナの変形を抑えるとともに、硬質メッキを施した場合にはその密着性を向上させかつ充分良好な加工性が得られるとともに、切削加工摺動面とする場合においても充分良好な押出し性と硬度を備えたエンジンのシリンダライナの提供を目的とする。

10 【0015】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明では、アルミニウム合金からなるシリンダブロックに鑄包まれたエンジンのシリンダライナにおいて、前記シリンダライナの熱膨張係数がシリンダブロックの熱膨張係数の約90%以下であることを特徴とするエンジンのシリンダライナを提供する。

20 【0016】この構成によれば、シリンダライナの熱膨張係数をシリンダブロックの熱膨張係数より10%以上小さくすることにより、アルミニウムダイカストの鑄造体からなるシリンダブロックとこれに鑄包まれたシリンダライナとの間の界面での隙間の発生が防止される。このことは実験的に確認されている。

【0017】好ましい構成例では、前記シリンダブロックは7～12mass%のSiを含み、前記シリンダライナは20～30mass%のSiおよび0.05～2.0mass%のCuを含むアルミニウム合金からなることを特徴としている。

30 【0018】この構成によれば、例えばADC10～12（Si含有量：7～12mass%）をシリンダブロック材料として用いて、シリンダライナの材料がSiを20～30mass%を含むアルミニウム合金であることにより、シリンダブロックに対するシリンダライナの熱膨張係数の比率を約90%以下にすることができ、これにより界面での隙間の発生を防止することができる。

【0019】また、シリンダライナ材料のCu含有量を0.05～2.0mass%とすることにより、充分な硬度を維持するとともに、良好な押出し加工性を得ることができる。

40 【0020】好ましい構成例では、前記シリンダブロックは、7～12mass%のSi及び1～4mass%のCuを含むことを特徴としている。

【0021】この構成によれば、シリンダブロックが前述のように7～12mass%のSiを含むとともに1～4mass%のCuを含んでいるため、シリンダブロックの加工性を良好に保つとともに充分な強度が得られる。Cuが1mass%未満では強度が不足するおそれが生じ、4mass%を越えると加工性が低下するおそれが生じる。

50 【0022】さらに好ましい構成例では、前記シリンダライナの内面にSiCを含むNi-Pメッキが施されて

いることを特徴としている。

【0023】この構成によれば、シリンダライナ内面に、SiCを含むNi-Pメッキによる硬質メッキが、密着性を良好に維持して剥離することなく形成され、ピストンの円滑な摺動動作が得られる。

【0024】さらに好ましい構成例では、前記シリンダライナは、さらにMg: 0.1~1.5mass%, Cr: 0.04~0.35mass%, Mn: 0.1~4mass%, Ni: 1~4mass%及び2.0mass%以下のFeのうちいずれか1種以上を含み、残部がAl及び不可避免不純物であるアルミニウム合金からなることを特徴としている。

【0025】この構成によれば、Mg, Cr, Mn, Ni及びFeを所定量含ませることにより適正な強度及び硬度が得られる。特に、Fe, Ni, Mnを充分添加することにより、高温強度を向上させることができるとともに、Fe添加量を2.0mass%以下とすることによりメッキの密着性が良好に維持される。また、含有量がMg: 1.5%, Cr: 0.35%, Mn: 4%, Ni: 4%をそれぞれ越えると加工性や靱性が低下する。

【0026】別の好ましい構成例では、前記シリンダライナの内面に切削加工によるピストンとの摺動面が形成され、前記摺動面に初晶Siが露出していることを特徴としている。

【0027】この構成によれば、切削加工によりシリンダライナの内面にピストン摺動面を形成する場合に、初晶Siを露出させることにより、摺動面の耐摩耗性を確保するとともに、ピストン表面およびピストンリングに対する磨耗作用の少ない摺動面を得ることができる。

【0028】さらに好ましい構成例では、前記シリンダライナは、0.6mass%以上で5.0mass%以下のFeを含み、前記摺動面にFe-Al-Siの金属間化合物が露出していることを特徴としている。

【0029】この構成によれば、メッキを施さない切削加工による摺動面において、メッキ剥離の問題を生じることなくFeを充分に含有させて強度を高めるとともに、初晶SiおよびFe, Al, Siの金属間化合物を露出させて、摺動面の耐摩耗性をさらに充分確保するとともに、ピストン表面およびピストンリングに対するさらに磨耗作用の少ない摺動面を得ることができる。

【0030】Feが0.6%未満では、Fe-Al-Siの金属間化合物が少なく充分な強度及び耐摩耗性が得られない。強度や耐摩耗性を考慮するとFeは2.0%以上が好ましい。逆に5%以上としても、強度や耐摩耗性はほとんど変わらない。

【0031】本発明では前述のシリンダライナを得る製造方法として、前記シリンダライナ材料の急冷凝固粉末を作製するステップと、前記急冷凝固粉末からピレットを成形するステップと、前記ピレットから押出し成形および切断加工により円筒状シリンダライナを形成するス

テップと、前記シリンダライナを熱処理により表面硬化させるステップと、前記熱処理後のシリンダライナをシリンダブロックで鑄包むステップと、前記鑄包まれたシリンダライナを熱処理するステップとを有することを特徴とするエンジンのシリンダライナの製造方法を提供する。

【0032】この構成によれば、急冷凝固粉末を用いて、これを焼結固化後、熱間押出し法により中空円筒状のシリンダライナを形成することにより、初晶Si粒子の大きさを最大でも20μm以下、平均でほぼ5μm以下とすることができる。このような微細な初晶Si粒により、被削性およびメッキの密着性が向上する。

【0033】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明に係るシリンダライナが鑄包まれたシリンダブロックの平面図である。

【0034】多気筒エンジン1のシリンダブロック2の各気筒にピストン(不図示)が摺動するシリンダボア3が形成され、各シリンダボア3にシリンダライナ4が鑄包んで形成される。5はシリンダヘッド(不図示)と結合するためのボルトであり、6は冷却ジャケットである。シリンダライナ4の内面(ピストン摺動面)には硬質メッキ皮膜7が形成される。

【0035】本発明では、以下に説明するように、シリンダライナ4とこれを鑄包むシリンダブロック2の鑄包み部2aとの間の界面8に隙間が発生せず良好に密着接合している。また、メッキ皮膜7はシリンダライナ4の内面に確実に密着し剥離等は生じない。

【0036】図2は、シリンダライナの熱膨張係数とこれを鑄包み形成したときの隙間量の関係を示す実験結果のグラフである。実験は、鑄包み側の材料としてアルミニウムダイカスト合金(ADC: 熱膨張係数 $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ )を用い、これに鑄包まれるシリンダライナの材料としてSiを含むアルミニウム合金を用いて、そのSi含有量を変えることにより、シリンダライナの熱膨張係数を変えて行った。縦軸は隙間量(μm)であり、横軸下辺はシリンダライナの熱膨張係数、上辺はADCに対するシリンダライナの熱膨張係数の比率を示す。

【0037】グラフから分かるように、隙間量はシリンダライナの熱膨張係数が小さい程小さくなり、シリンダライナの熱膨張係数がアルミニウムダイカストの熱膨張係数の90%以下では、加工変形を起すおそれが殆どない程度に小さくなり、80%以下では隙間量がほぼゼロになる。

【0038】図3は、アルミニウム合金におけるSi含有量と熱膨張係数の関係を示すグラフである。グラフから分かるように、Si量が増える程、熱膨張係数はほぼリニアに低くなる。このグラフと図2の隙間量のグラフとの関係から、アルミニウムダイカスト合金のSi含有

量に対しシリンドライナのSi含有量を調整する(Si含有量を多くすることにより、隙間量をゼロにできることが分かる。

【0039】図4は、実機エンジンにおけるシリンドライナを従来材Aと本発明材Bとで構成したときの隙間量を比較した図である。

【0040】従来材Aの組成は、Si:10%、Fe:0.3%、Cu:3%、Mg:0.8%、Mn:0.3%、Cr:0.2%、Zn:0.2%、Alおよび不可避免的不純物:残部(数値はすべてmass%)である。

【0041】本発明材Bの組成は、

(i) Si:20-30%、Cu:0.05-2.0%(ただし、Cuはメッキ材や他の組成材あるいはメッキ条件等によりメッキの密着性に実用上影響を与えなければ0.2%程度あるいは0.2-2.0%程度が好ましい、Cuを多くすれば硬度・強度が高まる)、Fe:2.0%以下、Alおよび不可避免的不純物:残部

(ii) Mg:0.1-1.5%を含む上記(i)の素材

(iii) Cr:0.04-0.35%を含む上記(ii)の素材

(iv) Mn:0.1-4%を含む上記(iii)の素材

(v) Ni:1-4%を含む上記(iv)の合金

である。

【0042】ここで、Siは熱膨張係数を調整するため及び耐摩耗性向上のための元素であり、Cu、MgおよびMnは強度および硬度調整用の元素である。Feは一般に高温強度を向上させるが、ここでは不純物元素としてメッキ皮膜の密着性を確保するための含有量の上限を定めたものである。また、Crは靱性の調整用添加元素である。

【0043】この図4から分かるように、ADC10で鑄包まれるシリンドライナの材料を従来材Aから本発明材Bに代えることにより、隙間量を55~100 $\mu$ mからほぼゼロにすることができた。

【0044】実験において、ADC10~12(Si含有量:7~12mass%)のアルミニウムダイカスト合金を鑄包み材とし、これによって鑄包まれるシリンドライナの材料として、組成が(Si:20-30%、Cu:0.05-2.0%、Fe:2.0%以下、Alおよび不可避免的不純物:残部)となる材料を急凝固粉末化し、これを成形固化して用いた。このような材料を用いることにより、アルミニウムダイカスト合金に対するシリンドライナの熱膨張係数の比率がほぼ90%以下になり、隙間が生じることを防止できた。

【0045】図5は、メッキ処理を行なう場合の本発明の実施形態に係るシリンドライナの製造プロセスを示すフローチャートである。

ステップS1:前述のシリンドライナの材料を用いて急凝固粉末を作製する。この急凝固粉末とは、毎秒10の2乗K(絶対温度)以上の冷却速度で冷却した急凝固体をいう。このステップS1では、材料成分を調整して溶解し、これをエアアトマイズ法により粉体化して回

収、選別、検査を行なう。

【0046】ステップS2:ピレットを成形する。ここでは、まず粉末の組成や粒度を検査し、これをゴム型に充填し、冷間静水圧加圧を行った後、真空焼結して所定形状のピレットを作製する。このような急凝固粉末を焼結固化することにより、初晶Si粒子の大きさが最大でも20 $\mu$ m以下にすることができる。このような微細な初晶Si粒子は、通常の溶製材(鑄造材)では得られない(図6:光学顕微鏡による急凝固粉末固材と溶製材の微細組織写真参照)。Si含有量が同じであれば、初晶Si粒子が微細になればなるほど、被削性およびメッキの密着性が向上する(図7:メッキ密着性と初晶Si平均粒子径の関係参照)。例えば、6000系合金の基本組成に15~35%のSiを添加した材料において、Si粒径を20 $\mu$ m以下とすることで、良好なメッキ密着性が得られる。

【0047】ステップS3:ピレットを加熱軟化させて押出し成形により連続した中空円筒状の管体を形成する。このとき加熱温度は425~520℃である。この管体を切断してシリンドライナの素材を形成する。ここで、シリンドライナの合金成分のうちCuの含有量を2%以下にすることにより、良好な押出し加工性が得られる(図8:Cu含有量と押出し性の関係参照)。また、Cuを低く抑えることにより、固相線を高く保つことができ、テアリングの発生を防止する効果もある。

【0048】ステップS4:T6処理による表面硬化処理を施す。このT6処理は、まず加熱溶体化し(加熱温度545℃)、これを水焼入れする。その後一旦180℃で時効処理してから自然空冷させる。なお、材料によっては、180℃の時効処理を行わないT4処理を施してもよい。

【0049】ステップS5:電気伝導度の検査を行なう。

ステップS6:シリンドライナの端面や内面を平滑に加工処理し、必要に応じて外面を加工処理する。

【0050】ステップS7:シリンドブロックの金型にシリンドライナを装着してアルミニウムダイカスト合金により鑄包み成形加工を行う。このとき溶湯による熱処理を伴うが、前述のように、FeやCu等の適度な強度向上用の元素が添加されているため、硬度は低下しない。

【0051】ステップS8:シリンドライナの内面に機械研削加工を施して平滑化する。

ステップS9:酸による洗浄後アルカリ脱脂を行い、下地処理としてアルマイト皮膜を形成し、Ni-P-SiCの分散メッキ処理を施す。この場合、シリンドライナ合金のFeの含有量を2%以下とすることで、良好なメッキ密着性が得られる(図9:Fe含有量とメッキ密着性の関係参照)。

【0052】ステップS10:シリンドライナの内面を

ホーニング加工により精密な寸法公差に仕上げる。このメッキ皮膜の硬度、被削性およびホーニング性については、以下の表 1 に示すように、充分良好な実験結果が得

られた。

【0053】

【表 1】

		発明材 Al-25Si-0.7Fe-0.25Cu- 0.7Mg-0.2Cr		従来材 Al-10Si-3Cu
物理的性質	熱膨張係数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	17	<	21
	密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.68	<	2.84
	熱伝導度 ( $\text{W}/\text{mK}$ )	142	<	184
機械的性質	ヤング率 (GPa)	84	>	77
	硬さ (HRB)	78	=	74
その他	めっき密着性	良好	=	良好
	めっき被膜硬度 (Hv)	568 - 699	=	607 - 718
	ホーニング品質	良好	=	良好
	製法上の分類	急冷凝固粉末材		溶製材

【0054】次に本発明によるシリンダライナの機械的性質について説明する。本発明材料として、25%Si、0.7%Fe、0.25%Cu、0.7%Mg、0.2%Crを添加したアルミニウム合金製シリンダライナ用材料のT6材について、その機械的性質は前述の表 1 に示されている。

【0055】アルミニウム合金は、T6処理を施さなければ、マトリクスの硬度が十分に高くないため使用上支

障を来す場合がある。また、たとえシリンダライナ素材形状の単体状態でT6処理を施しても、その後の錆包み工程において、再度溶体化された状態に近い状態になり、以下の表 2 に示すように、充分な硬度・強度が得られなくなる。

30 【0056】

【表 2】

#### 工程中の硬度変化 (HRB)

錆込み前	錆包み直後
40	32

【0057】この問題に対する対策として、Cu、Fe、Ni、Mnなどを添加することが有効である。これらの添加元素は、固溶強化によってマトリクスの硬度を底上げする効果がある。このため、T6処理後の錆包み工程を経た後も十分な硬度・強度を維持することができるばかりでなく、T6処理そのものを省略することも可能である。熱処理を省略すれば、単に熱処理コストを低減できるばかりでなく、熱処理に伴う歪や矯正の廃止、不均一性の解消が図れることになり、品質の向上をも同

時に実現できる。

【0058】しかし、実験結果より、Feの添加は、以下の表 3 に示すように、メッキの密着性を損なうことが判明した。これは、メッキの下地処理として行っているアルマイト皮膜形成の過程で、母材へのFe添加の影響が現れていることが考えられる。

【0059】

【表 3】

## 発明材のめっき密着性に及ぼすFeの影響

Fe添加量 (mass %)	0	1.0	1.5	2.0	4.0
めっき密着 性試験結果	OK	OK	OK	OK	NG

【0060】本実施形態では、このFe含有量を2mass%以下、あるいは無添加とすることにより、メッキの密着性を良好に維持している。

【0061】次に、本発明のシリンダライナの物理的性質について説明する。本発明のシリンダライナを構成する6061-25Siは、前述の表1に示したように、従来のシリンダライナの材料に比べ、密度は-6%、ヤング率は+9%、熱伝導度は-22%となっている。密度が小さいことで軽量化が図られる。ヤング率が高いことは、剛性を向上させ変形に対し有利に作用する。また、熱伝導度が低下しているが、エンジン性能に影響を及ぼさないことが実機での温度測定により確認されている。

【0062】本発明は、ピストン摺動面にメッキ処理を施すシリンダライナだけでなく、ピストン摺動面を切削加工により形成しメッキ層を設けないシリンダライナに対しても適用可能である。

【0063】これは、本発明のシリンダライナ合金の押出し性が良好で熱処理による硬度変化が小さく、加工性が優れているため、切削加工により充分円滑な摺動面が得られるとともに、加工により表面に後述のように初晶SiやFe、Al、Siの金属間化合物が露出するためである。

【0064】押出し性についてみれば、日本金属学会会報第21巻第1号(1982)P11~P18「アルミニウム合金の押出加工性とそれを支配する因子」時沢貢によれば、その表2に各種アルミニウム合金の相対押出性が記載されている。この表によれば、従来材のベース合金となる合金2014および合金2024の押出性がそれぞれ20および15であるのに対し、本発明の開発材のベース合金となる合金6061の押出性は60であり、従来材に比べ良好な押出性が得られ生産性を高めることができる。この原因の1つとして、本発明の開発材のCu含有量が、従来材(例えば前述の特許第2932248の組成)に比べ少ないので押出し性が向上すると考えられる。

【0065】熱処理により硬度変化についてみれば、図12に示すように、焼鈍しによる本発明の開発材の硬度変化aは、従来材の硬度変化bに比べ小さい。また、硬度値自体も従来材に比べ向上している。なお、焼鈍しは、鑄包みを想定した熱処理である。このように、硬度

変化が抑えられることにより、充分な硬度を維持して安定した加工ができる。

【0066】図13は、シリンダライナのピストン摺動面を研削加工により形成した場合の研削表面の光学顕微鏡による微細組織写真である。写真に示されるように、研削表面にSiの一次結晶およびFe、Al、Siの金属間化合物が露出している。これにより、研削加工による摺動面の耐磨耗性を充分確保するとともに、ピストン表面およびピストンリングに対する磨耗作用の少ない摺動面を得ることができる。

【0067】なお、従来材と本発明の開発材の磨耗量の比較のために、従来材の試験プレートと開発材の試験プレートの各々に対し、SKD11からなるピンを擦りつけて磨耗量を測定する摩耗試験を行ったところ、従来材は約5.5μm摩耗したのに対し本発明の開発材の磨耗量は約4μmであり、本発明の開発材は耐摩耗性に優れていることが確認された。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、シリンダライナの熱膨張係数をシリンダブロックの熱膨張係数より10%以上小さくすることにより、アルミニウムダイカストの鑄造体からなるシリンダブロックとこれに鑄包まれたシリンダライナとの間の界面での隙間の発生が防止される。これにより、加工時の変形が防止されシリンダライナの真円度や円筒度が向上する。要約すれば以下の通りである。

【0069】1. シリンダ加工精度の向上：鑄包まれたシリンダライナとシリンダブロックとの界面での隙間の発生を防止して、シリンダライナ内面の切削加工時の押圧力が作用したとしても、シリンダライナの変形を抑えることができる。これにより、シリンダライナがシリンダブロックと良好に密着一体化されるため、シリンダライナの剛性が高まり、加工精度が向上して歩留まりが高まり加工不良率を低減させて生産性を高めることができる。

【0070】2. シリンダ締付け変形の低減：シリンダライナがシリンダブロックと密着一体化されるため、締付け時の多次変形、特に4次成分が減少する(図10：シリンダ締付け時の本発明材ライナと従来材ライナの変形比較参照)。この結果、ピストンリングの追従性やシ

ール性が向上し、オイル消費量が大幅に低減する。

【0071】3. 熱伝導性の向上：シリンダライナの密着性を向上させたことで、燃焼室からの熱伝達を確実に行うことができ、不均一な変形や局所的な温度上昇による焼付きなどが防止される。また、シリンダライナの材料成分のFeの含有量を制限することにより、熱伝導度を高い水準に維持できる（図11：6061-25SiにおけるFe量と熱伝導率の関係参照）。

【0072】4. 軽量化：従来に比べ、比重が約6%小さい材料を使えるため、そのままの比率での軽量化が可能になる。

【0073】5. シリンダ剛性の向上：従来に比べ、シリンダライナのヤング率が約9%高い材料を使えるため、加工時やエンジン駆動時の変形が抑制される。さらに、強度低下を来すことなく、Cuの含有量を小さくして押出性を高め生産性を向上させることができる。また、Feの含有量を適正に調整して鋳込み時の硬度低下を抑え安定した研削加工により摺動面を形成することができる。

【0074】また、研削加工により摺動面を形成する場合、研削表面にSiの一次結晶およびFe、Al、Siの金属間化合物が露出させることにより、研削加工による摺動面の耐磨耗性を充分確保するとともに、ピストン表面およびピストンリングに対する磨耗作用の少ない摺動面を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る鋳込みシリンダライナの構成図。

【図2】 シリンダライナの熱膨張係数と隙間量の関係を示すグラフ。

【図3】 Al合金におけるSi含有量と熱膨張係数の関係を示すグラフ。

【図4】 実機エンジンにおける隙間量の従来材と本発明材を比較した図。

【図5】 本発明のシリンダライナ製造方法のフローチャート。

【図6】 溶製材と急凝固固粉末による初晶Si粒子を比較した写真。

【図7】 メッキ密着性と初晶Si粒径の関係を示すグラフ。

【図8】 素材中のCu含有量と押出し性の関係を示すグラフ。

【図9】 Fe含有量とメッキ皮膜の密着性の関係を示すグラフ。

【図10】 シリンダ締付け時の変形に及ぼすライナ材変形の効果を示す図。

【図11】 6061-25SiにおけるFe含有量と熱伝導率の関係を示すグラフ。

【図12】 熱処理による硬度変化のグラフ。

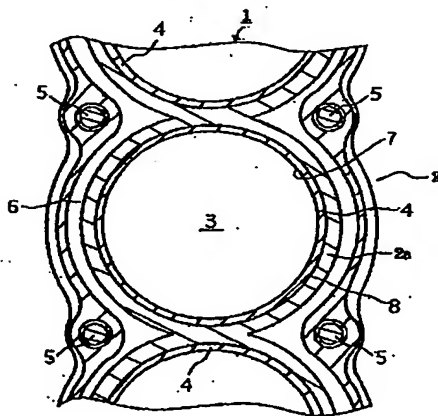
【図13】 本発明による開発材の研削加工表面の顕微鏡写真。

【図14】 従来のシリンダライナにおける隙間発生を示す説明図。

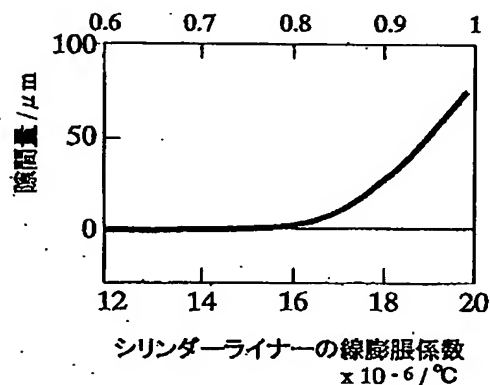
【符号の説明】

1：エンジン、2：シリンダブロック、2a：鋳包み部、3：シリンダボア、4：シリンダライナ、5：ボルト、6：冷却ジャケット、7：硬質メッキ皮膜、8：界面、10：シリンダライナ、11：シリンダブロック、12：隙間。

【図1】

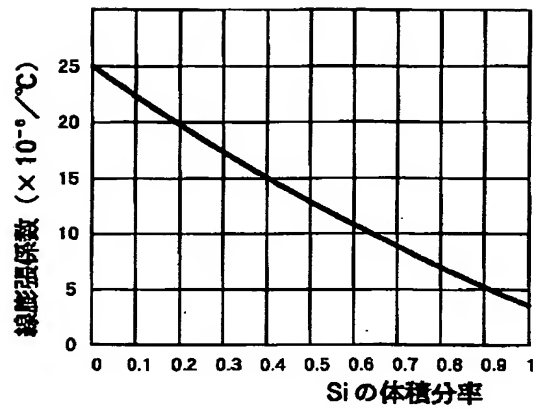


【図2】

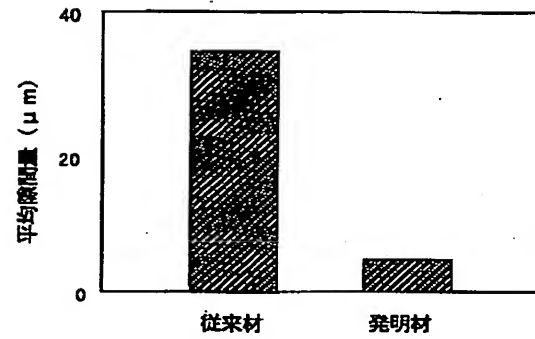




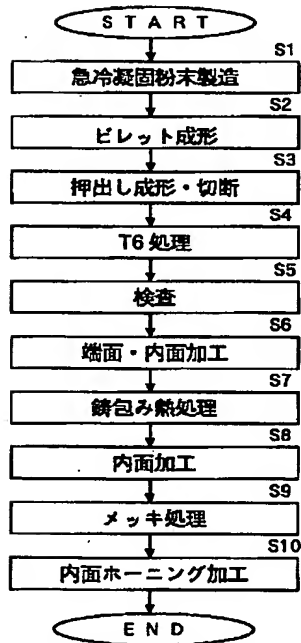
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



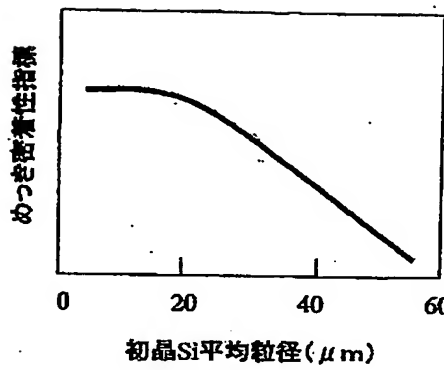
(A) 粉末成形体組織  
(急冷凝固粉末固化工材)



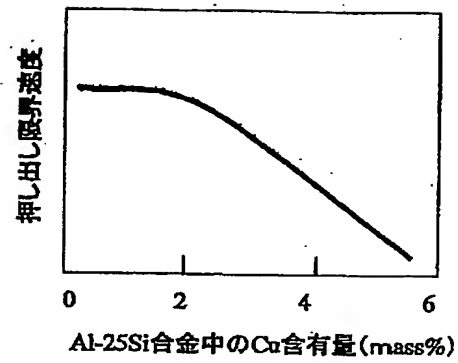
(B) 鋳造組織  
(溶製材)

50 μm

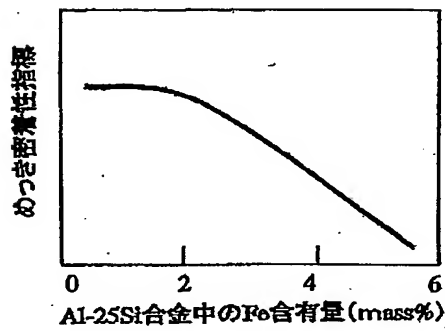
【図 7】



【図 8】

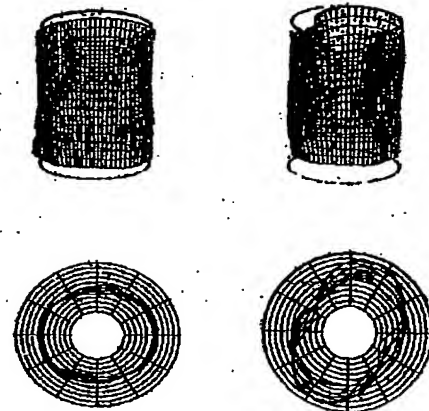


【図 9】

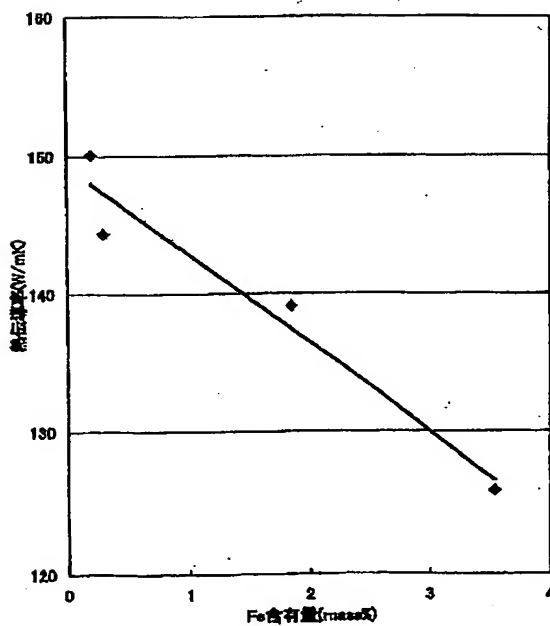


【図 10】

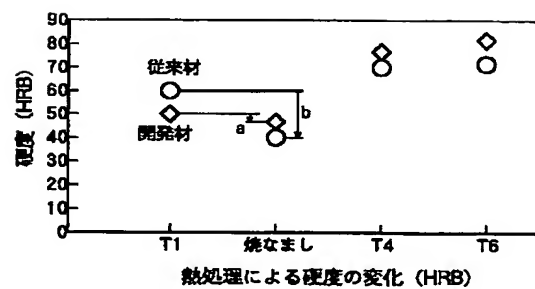
(A) 発明材ライナー (B) 従来材ライナー



【図 11】



【図 12】

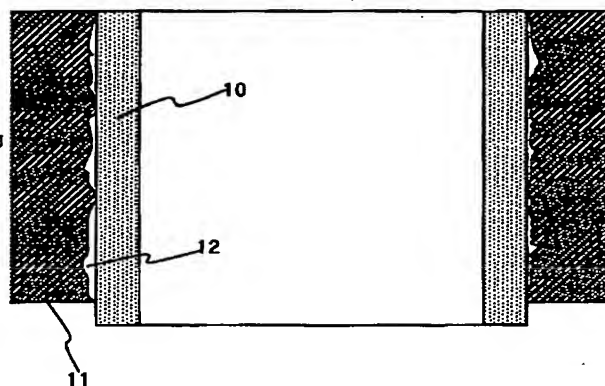


【図13】



開発材の組織

【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

タームコード\* (参考)

F 1 6 J 10/04

F 1 6 J 10/04

// C 2 2 F 1/00

C 2 2 F 1/00

6 3 0

6 3 0 D

6 5 0

6 5 0

6 8 3

6 8 3

6 9 1

6 9 1 B

6 9 4

6 9 4 B

(72) 発明者 安達 修平

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

(72) 発明者 稲波 純一

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

(72) 発明者 楠井 潤

大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目 6 番 8  
号 東洋アルミニウム株式会社内

30

(72) 発明者 鈴木 貴春

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機  
株式会社内

(72) 発明者 岡庭 茂

東京都品川区東品川二丁目 2 番 20 号 日本  
軽金属株式会社内

F ターム (参考) 3G024 AA21 AA26 FA06 FA13 FA14

GA02 GA08 GA10 GA18 GA22

HA07 HA19

3J044 AA10 AA18 BA04 BC12 BC15

DA09 EA01 EA02

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**